(Aus dem Physiologischen Laboratorium der Ohrenklinik in der Kgl. Charité zu Berlin.)

Vergleich zwischen der Galtonpfeife und dem Schulzeschen Monochord zur Bestimmung der oberen Hörgrenze

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DER

MEDIZINISCHEN DOKTORWÜRDE

AN DER

FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT

ZU BERLIN.

ACAD. LAUBDAT. BERL.

Von

Walther Helmholz

approb. Arzt aus Potsdam

Unterarzt im Infanterie-Regiment Graf Tauentzien v. Wittenberg (3. Brandenburgisches) No. 20.

Tag der Promotion: 14. April 1910

Potsdam 1910.

Buchdruckerei Robert Müller, Breite Straße 23.

40

Gedruckt mit Genehmigung
der
Medizinischen Fakultät der Universität Berlin.

Referent: Prof. Dr. Passow.

In letzter Zeit hat sich das Interesse der Ohrenärzte der exakten Bestimmung der oberen Hörgrenze besonders lebhaft zugewendet. Gegenwärtig bedienen sie sich bei ihren Untersuchungen über die Perzeption höchster Töne fast ausschließlich der Galtonpfeife, die in geradezu vollkommener Form aus Professor Edelmanns physikalisch-mechanischem Institut in München in den Handel gebracht wird.

Nach Professor Edelmanns „Studien über die Erzeugung sehr hoher Töne vermittelst der Galtonpfeife" soll dieses Instrument zur bequemen Erzeugung einer möglichst hoch hinaufreichenden Folge von reinen hohen Tönen dienen, ja auch von solchen, die über die menschliche Hörgrenze hinausgehen.

Ferner weist Edelmann darauf hin, daß die Herstellung und Eichung der Galtonpfeife durch die Einführung der Kundtschen Staubfiguren zur Bestimmung der Schwingungszahlen hoher Töne einen ganz wesentlichen Fortschritt inbezug auf wissenschaftliche Genauigkeit gemacht hat. Infolgedessen ist es Edelmann seit 1899 möglich, jede Pfeife mit Hilfe dieser Methode zu kontrollieren; er eicht sie und gibt für jede Pfeife den Eichungsschein in Form einer Tabelle mit.

Als ein brauchbares Instrument bezeichnet er diejenige Pfeife, bei der in allen Tonhöhen bei geringer Windpressung die Staubfiguren sofort entstehen.

Für einen weiteren Vorzug hält Edelmann die Stärke der entstehenden Töne, denn nach Melde und König hängt die obere Hörgrenze auch von der Stärke der Töne ab, und diese Grenze erstreckt sich um so höher, je stärker die Töne sind. Daher behauptet Edelmann denn, daß man mit seinem verbesserten Galton ohne Mühe bei manchen Personen eine obere Hörgrenze von 50000 Doppelschwingungen erreichen kann.

Diese Behauptung Edelmanns ist aber inzwischen widerlegt worden, und es ist bis jetzt schon eine Reihe von Arbeiten entstanden, die sich mit den von der Galtonpfeife zur oberen Hörgrenzbestimmung erzeugten Tönen befassen und übereinstimmend zu einer ganz abfälligen Kritik hinsichtlich der gegenwärtig üblichen Bestimmung der oberen Hörgrenze mittelst der Galtonpfeife kommen.

Der Grund der beschränkten Brauchbarkeit der an sich als Präzisionsinstrument mit vollem Recht anerkannten Pfeife liegt darin, daß sie mit dem Gummiballgebläse armiert ist und nur mit dieser Armierung von den Ohrenärzten benutzt zu werden pflegt.

Edelmann hat zwar die Ausrüstung der Pfeife mit einem Gummiballgebläse aus verschiedenen Gründen, namentlich wegen der Handlichkeit, gerade als einen Vorteil angesehen. Doch der Gummiballon gibt nach den damit angestellten Versuchen einen ganz inkonstanten Winddruck derart, daß zunächst der Druck schnell von Null bis zum Maximum steigt und dann eben so rasch wieder auf Null herabsinkt. Nun ist aber bekannt, daß Pfeifen in ihrer Tonhöhe außerordentlich empfindlich gegen Schwankungen des Winddrucks beim Anblasen sind.

Da nun dies auch von der Galtonpfeife gilt, und da ferner der Druck bei Benutzung des Gummiballons in der erwähnten Weise ungleichmäßig ist, so kann man auch nicht erwarten, daß die Galtonpfeife bei Benutzung des Gummiballons einen bestimmten präzisen Ton gibt, wenn man auch vorher noch so genau die Pfeifenlänge und die Maulweite einstellt. Die Galtonpfeife produziert vielmehr eine Art Glissando, wenn sie mit dem Gummigebläse angeblasen wird.

Dieses Glissando haben wohl zuerst Stumpf und Meyer bemerkt, als sie an Galtonpfeifen arbeiteten, um sie mit Hilfe der sogenannten Differenztonmethode zu eichen. Sie fanden folgendes: Wenn man eine Galtonpfeife mit konstantem Druck und eine zweite, die entsprechend gestimmt ist, mit dem Gummigebläse anbläst, dann heult der dabei entstehende Differenzton bis zu einer bestimmten Tonhöhe herauf und nachher wieder herunter.

Auch Schulze und Hegener haben in ihren Arbeiten die Edelmannsche Galtonpfeife eingehend auf ihre Töne untersucht. Dabei fand sich, daß bei schwachem Winddruck und ganz kleinen Pfeifenlängen ein ziemlich tiefer Ton auftrat. Die Höhe für diesen Ton bestimmte Schulze auf etwa 11000 Doppelschwingungen. Dies ist der beim Anblasen mit dem Gummiballon gehörte Ton. Wenn dann der Anblasewind gesteigert wird, verschwindet allmählich dieser tiefe Ton, und von einer gewissen Windstärke an tritt nun ziemlich unvermittelt jener hohe Ton auf, der durch die Kundtschen Staubfiguren gemessen wird, aber für das Ohr meist unhörbar ist. Dieser hohe Ton war für Schulze immer unhörbar, sobald er über 20000 Doppelschwingungen hatte. Edelmann hat also die beim Anblasen mit dem Gummiballon zuletzt beim schärfsten Ruck entstehenden Schwingungszahlen als wirklich „gehörten" Ton angesehen und so die obere Hörgrenze mit 50000 Doppelschwingungen viel zu hochreichend bestimmt.

Ein zweiter Apparat, der sich jetzt auch schon in den ohrenärztlichen Kreisen einzubürgern beginnt, ist das Schulzesche Monochord. Professor Schulze hat im Verlaufe seiner Untersuchungen über die obere Hörgrenze auch Versuche mit Longitudinaltönen angestellt, und auf Professor Schaefers Anregung ist als Resultat dieser Versuche das Monochord entstanden, ein Apparat, der es auch ermöglicht, bequem, schnell und wissenschaftlich durchaus exakt die obere Hörgrenze bei normalen und bei kranken Personen festzustellen. Das „Schulzesche Monochord zur Bestimmung der oberen Hörgrenze" besteht aus einer Saite von Stahl, Neusilber, Messing oder dergleichen, die zwischen zwei Klemmbacken ausgespannt ist, die wiederum auf einem Grundbrett montiert sind. Ferner ist ein Schlitten angebracht derart, daß man die Saite verlängern oder verkürzen kann. Die Saite wird nun mit einem Lappen, der mit Kolophoniumpulver bestreut ist, in der Längsrichtung gerieben, und es entsteht dann je nach der Einstellung ein verschieden hoher longitudinaler Ton.

Für die Bestimmung der Schwingungszahlen solcher Longitudinaltöne gibt die Physik exakte Anhaltspunkte; ein besonderer Vorzug ist es, daß die Töne fast ganz von der Temperatur und von der Spannung unabhängig sind. Die durch Reiben hervorgebrachte Tonhöhe ist umgekehrt proportional der Länge; man kann also durch einfaches Verkürzen der Saite ganz proportional diesem Verkürzen die Schwingungszahl erhöhen. Dieses zunächst aus theoretischen Prinzipien resultierende Gesetz von der Proportionalität zwischen Tonhöhe und Saitenlänge hat Schulze mit Hilfe exakter experimenteller Methoden noch besonders als praktisch ausreichend genau verifiziert. Das Monochord ist geeicht, und die betreffenden Werte sind auf einer unter der Saite angebrachten Skala angegeben. Man braucht den zwischen den Klemmbacken längs der Saite verschieblichen und zu deren beliebigen Abgrenzung dienenden Schlitten nur auf eine der einzelnen Marken zu stellen, so hat man sofort den Ton von der gewünschten und genau bestimmten Schwingungszahl. Das Monochord stellt also einen einfachen, sehr präzisen Apparat dar, der es auch ermöglicht, von einem gewissen Ton an kontinuierlich die Tonhöhe zu verändern. Es bietet also genau denselben Vorzug wie die Galtonpfeife, ist aber bedeutend billiger als diese.

Im folgenden soll nun über eine Untersuchung berichtet werden, die ich im Physiologischen Laboratorium der Ohrenklinik der Kgl. Charité unter Leitung des Herrn Professor Schaefer zu dem Zweck ausgeführt habe, Galtonpfeife und Monochord hinsichtlich ihrer Brauchbarkeit zur klinischen Feststellung der oberen Hörgrenze zu vergleichen.

Den eigentlichen Versuchen ließ ich eine Art von Vorversuchen vorausgehen, die nur den Zweck hatten, mich mit beiden Untersuchungsmethoden vertraut zu machen, ohne aus den Ergebnissen einen besonderen Rückschluß ziehen zu wollen. Diese Versuche bestanden darin, einfach eine Reihe von Patienten mit der Galtonpfeife, die mit dem Gummiball angeblasen wurde, und dann mit dem Monochord zu untersuchen, um so vorläufig ein ungefähres Urteil über beide

Methoden zu erhalten. Der Druck mit dem Gummiballgebläse wurde bei verschiedenen Patienten verschieden ausgeübt, bald stärker, bald schwächer, und dabei gingen denn auch die Angaben der Patienten sehr weit auseinander. Infolgedessen ging ich bald dazu über, den Druck möglichst so festzulegen, daß ich einmal recht stark und einmal schwach drückte. Bei dieser Anordnung der Untersuchung mit der Galtonpfeife ergaben sich schon übersichtlichere Werte. Aber die Schwierigkeiten beim starken Anblasen sind für den Untersuchten insofern größer, als es ihm fast immer sehr schwer fällt, das scharfe Blasegeräusch und den zu hörenden Ton auseinander zu halten; doch nähert sich bei verschiedenen Patienten die obere Hörgrenze mit der Pfeife bei starkem Anblasen dem mit dem Schulzeschen Monochord erreichten Resultat ganz erheblich. Jedoch die Angaben der Werte bei starkem und leisem Anblasen der Galtonpfeife waren so verschieden, daß sie nach der Tabelle manchmal um Zehntausende von Doppelschwingungen auseinandergingen, und zwar hörten Patienten beim leisen Anblasen angeblich Töne bis zu 40 000 Doppelschwingungen. Nun ist zwar das leise Anblasen nach Edelmann verboten, es wird aber in der Praxis von vielen absichtlich oder unwillkürlich angewendet, um das starke und störende Blasegeräusch zu vermeiden.

Da nun aber das Anblasen mit dem Gummiballon aus den vorhin erwähnten Gründen wissenschaftlich völlig unzulänglich ist, ging ich dazu über, die Galtonpfeife mit konstantem Druck anzublasen. Es stand mir dazu das Wassertrommelgebläse in der Ohrenpoliklinik der Charité zur Verfügung, und ich benutzte auf Grund von Hegeners Untersuchungen einen Druck von ca. 5 cm Hg. Bei dem konstanten Druck ist es nun möglich, die Schwingungszahl der erzeugten Töne mit Hilfe der Kundtschen Staubfiguren festzustellen, oder sie noch einfacher nach Hegener mittelst des Seebeckröhrchens durch Bestimmung der halben Wellenlänge zu ermitteln. Es wurde nun eine Anzahl von Patienten mit der Galtonpfeife untersucht, die mit konstantem Druck angeblasen

ward. Die Pfeife wurde dann sofort mit der höchsten Einstellung, bei der die betreffenden Patienten noch einen Ton hörten, auf ihre Tonhöhe untersucht und damit die Schwingungszahl der obern Hörgrenze des Betreffenden festgestellt.

Bei der Gehörsprüfung mit der Pfeife unter konstantem Druck ergab sich eine annähernde Übereinstimmung mit den durch das Monochord festgestellten Werten. Auch stimmte die berechnete Schwingungszahl bei dem konstanten Druck von ca. 5 cm Hg fast genau mit dem auf der Edelmannschen Tabelle für diese Einstellung angegebenen Werte überein.

Da nun die Untersuchung der Patienten mit der Galtonpfeife bei konstantem Druck mit gleich nachfolgender Ermittelung der Schwingungszahl vermittelst des Seebeckröhrchens oder der Staubfiguren sehr zeitraubend ist, wurde versucht, ob nicht eine beständige Übereinstimmung der berechneten und der auf der Edelmannschen Tabelle angegebenen Werte zu konstatieren sei. Zu diesem Zweck wurde eine Anzahl verschiedener Einstellungen der verwendeten Galtonpfeife mit dem konstanten Druck von 5 cm Hg angeblasen, und dann die halbe Wellenlänge mit Hilfe des Seebeckröhrchens bestimmt, bei einigen Einstellungen auch mit Hilfe der Kundtschen Staubfiguren. Aus der Berechnung der Schwingungszahlen für diese Einstellungen ergab sich in der Tat, daß sie fast genau den auf der Tabelle angegebenen Werten entsprachen, und zwar von den tieferen Lagen an bis hinauf zur Pfeifenlänge $2{,}2 = f^7$. Auch einige kleine Druckschwankungen, die zuweilen im Wassertrommelgebläse auftraten, übten, wie durch Versuche festgestellt wurde, keinen merklichen Einfluß auf die Höhe des entstehenden Tones aus.

Infolge dieser Übereinstimmung der Schwingungszahl des Tones, der mit konstantem Druck erzielt wurde, mit dem auf der Edelmannschen Tabelle angegebenen Werte, wurden nun die Patienten in der Folge bei konstantem Druck untersucht und die Schwingungszahl meist aus der Tabelle einfach abgelesen.

Die Untersuchung zwecks Vergleiches zwischen Galtonpfeife und Monochord gestaltete sich nun

folgendermaßen. Es wurde zuerst die Galtonpfeife mit konstantem Druck angeblasen, dann mit dem Gummiballon, und zwar letzteres zuerst mit starkem, dann mit schwachem Druck, und schließlich wurde die obere Hörgrenze mit dem Monochord bestimmt, und bei jeder Untersuchung das Ergebnis, ebenso wie eventuelle Besonderheiten und namentlich auch die Urteile der Patienten selbst über die einzelnen Untersuchungsmethoden schriftlich fixiert nach Art des folgenden Beispiels.

		Galtonpfeife Nr. 654			Monochord
Name		mit konstant. Druck von 5 cm Hg	mit Gummiballon bei starkem Anblasen	mit Gummiballon bei schwach. Anblasen	
Frau M.	r. Ohr	3,8 = b^6	1,7 = g^7	0,9 = c^8	b^6
„ „	l. Ohr	3,4 = c^7	1,9 = f^7	0,7 = cis^8	h^6

Ich möchte nun die an der Hand von 100 einzeln untersuchten Gehörorganen gewonnenen Ergebnisse etwas näher besprechen.

Was den statistischen Vergleich zwischen der mit konstantem Druck angeblasenen Galtonpfeife und dem Monochord betrifft, so ergibt sich folgendes:

Die Töne der mit konstantem Gebläse erregten Pfeife sind sowohl durch ihre Dauer als auch durch ihre Schärfe und Intensität für den Patienten meist sehr unangenehm. Ferner ist es für den einzelnen Patienten fast ausnahmslos äußerst schwierig, aus der Fülle der heulenden und zischenden Nebengeräusche den wahrzunehmenden spitzen Ton herauszuhören. Die Patienten ermüden sehr leicht und machen infolgedessen stark schwankende Angaben. Ich habe deshalb auch nicht nur eine Bestimmung gemacht, sondern in jedem Falle aus mehreren den ungefähren Mittelwert gezogen. Das ging freilich nur dann an, wenn die Angaben nicht allzusehr auseinander gingen; bei ca. 10 von den untersuchten Hörorganen sind aber die Schwankungen in den Angaben bei konstantem Druck derart, daß man aus ihnen keinen sichern Schluß

auf die obere Hörgrenze ziehen kann, besonders da die Patienten selbst erklärten, daß sie kaum — oder gar nicht — zwischen Pfeifen und Pusten, also zwischen eigentlichem Ton und Nebengeräusch, unterscheiden könnten.

Trotzdem sind unter diesen 100 untersuchten 35 Gehörorgane, bei denen der gefundene Wert von Galton mit konstantem Druck und Schulze-Monochord sehr gut übereinstimmt. Bei 20 der Fälle war durch beide Untersuchungsmethoden genau dieselbe obere Hörgrenze festzustellen, während bei 14 die Differenz kaum einen halben Ton betrug.

Bei den übrigen untersuchten Gehörorganen bestand eine Differenz in den Angaben über die höchste Tongrenze bei Galton mit konstantem Druck und bei dem Monochord, und zwar betrug die Differenz in der Regel nur 1 bis 2 Ganztöne zugunsten der Pfeife. Nur bei 5 von den untersuchten Patienten erreichte diese Differenz einen größeren Betrag bis zu 5 ganzen Tönen zugunsten der Pfeife. Diese Unstimmigkeit liegt aber wohl darin begründet, daß gerade diese 5 Patienten sehr wechselnde Angaben in Bezug auf die Galtonpfeife gemacht hatten und daher der gezogene Mittelwert vielleicht zu hoch angenommen war.

Nun hatte ich überhaupt von vornherein erwartet, weil Edelmann behauptet, mit der verbesserten Pfeife könnten verschiedene Leute bis zu 50000 Doppelschwingungen wahrnehmen, daß bei der mit konstantem Druck angeblasenen Galtonpfeife regelmäßig die obere Hörgrenze höher liegen würde als beim Monochord. Dem ist indessen nicht so. — Bei den untersuchten Hörorganen hat allerdings die Galtonpfeife 36 mal einen höheren Grenzwert ergeben als das Monochord, wovon aber die vorhin erwähnten 10 Fälle auszuschließen sind, deren Resultat durch die zu stark schwankenden Angaben wertlos wird. Es blieben demnach nur noch 26 Fälle, in denen das Monochord der Galtonpfeife in Bezug auf Höhe der oberen Hörgrenze nachstand. 29 mal ließ sich dafür aber durch das Monochord eine höhere Grenze feststellen als durch die Galtonpfeife. In allen diesen Fällen schwankte indessen die Differenz in den Angaben nur um 1 bis 2 Ganztöne.

Hierzu möchte ich noch bemerken, daß an einer bestimmten Stelle 6 mal die erreichte obere Hörgrenze zugunsten der Galtonpfeife ausfiel, und zwar liegt diese Stelle beim Monochord bei c^7. Aus der Ohrenklinik wurde mir auch bestätigt, daß es bei dem von mir benutzten Exemplar des Monochords sehr schwer sei, eine obere Hörgrenze über c^7 hinaus zu erhalten. Und folgende Beobachtung spricht auch für diese Behauptung: 11 mal gaben die untersuchten Patienten beim Monochord ihre obere Hörgrenze bei c^7 an, während sie bei der mit konstantem Druck angeblasenen Pfeife bei d^7, 3 mal sogar bei e^7 festgestellt wurde. Umgekehrt möchte ich aber doch auch konstatieren, daß 5 mal Patienten ihre obere Hörgrenze mit cis^7 und d^7 beim Monochord um $1\text{-}1^1/_2$ Töne höher angaben als bei der Galtonpfeife. Im übrigen hatte ich ziemlich häufig Patienten, deren obere Hörgrenze nach dem Monochord bei d^7 und e^7 lag; über f^7 jedoch ist wenigstens bei Verwendung des mir zu Gebote stehenden Monochords kein Patient gekommen.

Bei den hier untersuchten Patienten ist es 4 mal vorgekommen, daß das Schulzesche Monochord auch mit der tiefsten Einstellung nicht gehört wurde; diese tiefste Einstellung ist c^5. Dagegen nahmen dieselben Patienten noch bei der Galtonpfeife mit konstantem Druck h^5, resp. c^6 wahr. Daß dieses Versagen des Monochords allein auf die Schwäche des erzeugten Tones zurückzuführen sei, will mir nicht recht einleuchten; denn die tiefsten Töne beim Monochord sind auch ziemlich intensiv und eindringend. Meiner Ansicht nach ist diese Erscheinung eher so zu erklären, daß gerade diese 4 Patienten schon seit langen Jahren schwerhörig waren und nun bei der Galtonpfeife zwischen Blasen und Pfeifen nicht recht unterscheiden konnten; wie es ja überhaupt sehr schwierig ist, von fast tauben Personen eine exakte Hörangabe zu erlangen.

Fasse ich nun noch einmal die erzielten Resultate hinsichtlich des Vergleichs zwischen der Galtonpfeife mit konstantem Druck und dem Monochord möglichst kurz und objektiv zusammen, so ergibt sich folgendes:

1. Im großen und ganzen besteht eine ziemliche Übereinstimmung zwischen den von der Pfeife und den vom Monochord hervorgebrachten oberen Grenztönen.
2. In der Höhe von ca. c^7 scheint die Galtonpfeife etwas überlegen zu sein.
3. Für das Monochord spricht aber folgende Tatsache: Zwecks Nachprüfung habe ich 8 mal Patienten zum zweiten Male an einem anderen Tage untersucht, und zwar mit beiden Methoden. Ergaben nun die Werte beim Galton stark abweichende Resultate, so wurden dagegen durch die Untersuchung mit dem Monochord fast genau dieselben Werte wie bei der ersten Untersuchung festgestellt, höchstens schwankten sie um $^1/_2$ Ton. So ist also die obere Hörgrenze, wenn sie einmal mit dem Monochord festgestellt ist, für die Dauer konstanter bei derselben Einstellung zu erzielen.

Die Ergebnisse, die sich aus dem Vergleiche zwischen der Galtonpfeife bei starkem Anblasen mit dem Gummiballon und dem Monochord ergeben, sind viel weniger interessant und geben gegenüber der ersten Vergleichung kein klares Bild. Der Grund hierfür liegt wohl darin, daß mit der Stärke des Anblasedruckes bei der Galtonpfeife mit dem Gummiballon auch die Schwierigkeit zunimmt, die zu hörenden Töne wirklich zu erkennen; indem das Ohr in einem verhältnismäßig kurzem Zeitabschnitt aus einer mit starken Nebengeräuschen behafteten Tonmenge einen leisen, feinen Ton heraushören soll; denn jeder Patient macht derart schwankende Angaben, daß der Mittelwert noch höchst unzuverlässig und der Untersuchende doch noch im Zweifel ist, ob der Untersuchte wirklich den der Pfeifeneinstellung entsprechenden Ton gehört hat oder nicht. Außerdem bedarf die Feststellung einer erheblich vermehrten Zeitaufwendung.

Vergleicht man nun aber den gefundenen Mittelwert mit der oberen Hörgrenze beim Monochord, so ergibt sich, daß bei den untersuchten Fällen 91 mal der durch den Gummiballon gehörte Ton nach der Edelmannschen Tabelle höher lag, und zwar war er

bei 47 Hörorganen 5 ganze Töne, ja selbst eine ganze Oktave höher als beim Monochord, wohlgemerkt, immer nach Angabe der Edelmannschen Tabelle, die, wie wir jetzt wissen, in dieser Beziehung ganz unzuverlässig ist. Nur in 7 Fällen war eine ungefähre Übereinstimmung beider Hörgrenzen zu verzeichnen, und in 2 Fällen lag sie bei dem Monochord etwas höher.

Noch mehr verschieden sind die erzielten Tonhöhen bei schwachem Anblasen der Galtonpfeife mit Ballon einerseits und dem Monochord andrerseits. Die von den Patienten bei der Galtonpfeife angegebenen Werte sind nach der Edelmannschen Tabelle durchweg bedeutend höher als beim Monochord, und zwar beträgt die Differenz meist eine Oktave, in einigen Fällen sogar bis zu 2 Oktaven, was sich nach dem bereits Mitgeteilten leicht daraus erklärt, daß bei leisem Anblasen die Galtontöne in Wirklichkeit viel tiefer sind, als die Edelmannsche Tabelle es verzeichnet. Jedoch möchte ich erwähnen, daß beim schwachen Druck die Angaben der einzelnen Patienten in engeren Grenzen schwankten als bei starkem Anblasen.

Ganz interessant war es, die Urteile der Patienten selbst über die beiden Instrumente zu erfahren. 11 Untersuchte gaben an, daß bei starkem Druck mit dem Gummiballon und bei konstantem Anblasen das Pusten sehr schwer vom Pfeifen zu unterscheiden sei, und drückten sich etwa so aus: man weiß selber nicht, was man sagen soll, ob man Töne hört oder nicht. – 5 Patienten, die musikalisch waren, hörten bei den Tönen mit der Galtonpfeife mit konstantem Druck an ihrer oberen Hörgrenze ab und zu tiefe Töne auftauchen, die sie sehr irritierten, da sich die Patienten selber sagten, daß das nicht die wahrzunehmenden Töne sein könnten. Für 7 Patienten war der scharfe Ton der Galtonpfeife bei starkem und konstantem Druck äußerst unangenehm und stark ermüdend. Das leise Anblasen erschien 3 Patienten ausgesprochen am leichtesten von allen 4 Untersuchungsarten, während sonst noch eine ganze Anzahl das leise Anblasen der Galtonpfeife für gleichwertig mit dem Unterscheiden der Töne bei dem Monochord hielt. Nur 1 Patient hielt die mit der

Galtonpfeife erzeugten Töne für sehr leicht wahrnehmbar, da er angeblich nicht das geringste von dem fauchenden Nebengeräusch hörte. In bezug auf das Monochord stimmten alle Patienten darin überein, daß es leicht sei, die reinen Töne von dem etwa begleitenden Nebengeräusch zu unterscheiden; nur sahen einige Patienten darin eine Schwierigkeit, daß die Töne sehr leise waren und man scharf aufpassen müsse, um zu erkennen, wann überhaupt ein Ton auftritt.

Wenn ich nun kurz meine eigene Ansicht über die beiden Instrumente zum Ausdruck bringe, so ist es diese: beim leisen Anblasen der Galtonpfeife mit Ballon kommt man am leichtesten und schnellsten zu einem Resultat; etwas länger dauert es beim konstanten Druck und beim starken Anblasen mit Ballon; außerdem sind dann noch die Angaben insofern ungenau, als man bei sofortiger nochmaliger Nachprüfung wieder etwas andere Werte bekommt und man dann nochmals den Versuch wiederholen muß, wobei vielfach wieder abweichende Angaben gemacht werden, usf.

Die Untersuchung mit diesen beiden letzteren Methoden nimmt also einmal erhebliche Zeit in Anspruch, ferner ermüden die Patienten dabei stark, und man hat schließlich doch kein scharfes, sicheres Resultat erzielt. Diese Nachteile fallen meiner Überzeugung nach bei dem Schulze-Monochord weg. Es dauert zwar bis zu einer bestimmten höchsten Einstellung bei einem Patienten etwas lange, aber ein großer Teil dieses Übelstandes ist wohl auf die bisher noch unhandliche Form des Instruments zurückzuführen. Hat man jedoch erst einmal die für den Patienten zutreffende Stelle als höchste Grenze gefunden, so kommt man auch bei späteren Nachprüfungen immer wieder zu demselben Resultat, höchstens variiert die Feststellung einmal um einen halben Ton. Auch das Auftreten von tieferen Nebentönen beim Anreiben der eingespannten Saite kommt nach ganz kurzer Übungszeit und bei gutem Material in Fortfall.

Um nun zu sehen, wie weit das von mir hauptsächlich benutzte Monochord mit andern Exemplaren des Schulze-Monochords übereinstimmte, untersuchte

ich eine Reihe von Patienten nacheinander mit 3 verschiedenen Instrumenten, unter denen sich auch ein Exemplar befand, das der hiesigen Ohrenklinik in der Ziegelstraße gehört. Zwei von diesen Instrumenten stimmten fast ausnahmslos mit ganz geringen Schwankungen überein, während zwischen dem von mir hauptsächlich benutzten und dem aus der Ziegelstraße bei 25 Untersuchungen sich folgende Resultate ergaben: 11 mal hörten die Patienten bei dem Instrument aus der Ziegelstraße einen höheren Ton, eine Übereinstimmung kam nur 9 mal zu stande und 5 mal wurde ein tieferer Ton wahrgenommen; jedoch betrug die Differenz immer nur einen halben Ton mit einer einzigen Ausnahme, bei der diese Differenz den Wert von 2 Tönen erreichte. Man kann mithin daraus schließen, daß das Monochord aus der Ziegelstraße etwas höhere Werte ergibt. Mit diesem Instrument konnte ich auch bei 2 Untersuchungen eine obere Hörgrenze von f^7 finden.

Auf Grund meiner Beobachtungen hat also das Monochord vor der Galtonpfeife den Vorzug, daß es in viel klarerer Weise eine obere Hörgrenzbestimmung gestattet, die sich auch bei häufigeren Wiederholungen fast stets als konstant erweist. Als Nachteile des Monochords müssen die Tatsachen gelten, daß es erstens in seiner jetzigen Gestalt noch etwas unhandlich ist, und daß zweitens die Töne in den höheren Lagen ziemlich leise sind. Freilich ist in letzterer Beziehung daran zu erinnern, daß die Galtonpfeife, wie die Untersuchungen bewiesen, nichts weniger als konstant höhere Werte für die obere Hörgrenze ergibt.

Einen überlegenen Vorzug hat aber das Monochord, worauf ich vor allen Dingen die Aufmerksamkeit lenken möchte, nämlich den, daß es ermöglicht, die obere Hörgrenze auch für Knochenleitung festzustellen, was — soviel ich weiß — bisher mit keinem Instrument zu erreichen war und jedenfalls mit der Galtonpfeife ausgeschlossen ist. Das Verdienst, diese ganz neue Anwendung des Monochords erkannt zu haben, gebührt dem bekannten holländischen Ohrenarzt Dr. Struycken in Breda.

Auch ich habe mit verschiedenen Monochorden einige Versuche zur Feststellung der oberen Hörgrenze bei Knochenleitung angestellt. Dabei habe ich die Anordnung so getroffen, daß dem Patienten die endständige Klemmbacke des Monochords entweder auf die Stirn oder auf ein Stück Holz, das mit den Zähnen festgehalten ward, gesetzt wurde.

Ich bestimmte nun zuerst für jedes Ohr besonders die obere Hörgrenze mit dem Monochord in Luftleitung, ließ darnach die Ohren mit dem Finger schließen und stellte dann durch Aufsetzen des Monochords die obere Hörgrenze bei Knochenleitung fest. Es ergab sich bei diesen Untersuchungen, daß in 35 % der Fälle die gleiche Tongrenze bei Knochenleitung und Luftleitung zu erzielen war, in 60 % war die Grenze der kraniellen Perzeption tiefer, und nur in 5 % war sie höher als bei Luftleitung. In 3 Fällen bestand in Luftleitung für die beiden Ohren des Untersuchten eine Differenz in der oberen Hörgrenze von ca. 4 Ganztönen. Es war nun sehr interessant, zu konstatieren, daß die kranielle obere Hörgrenze in die Mitte dieser Differenz zu liegen kam.

Zum Schluß ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Geheimrat Prof. Passow und Herrn Prof. Dr. K. L. Schaefer für die Anregung zu dieser Arbeit und Unterstützung bei derselben meinen ehrerbietigsten Dank auszusprechen.

Anmerkung bei der Korrektur: Nach Abschluß dieser meiner Untersuchung hat ganz vor kurzem Edelmann eine neue Methode der Eichung und des Anblasens der Galtonpfeife veröffentlicht (Passows und Schaefers Beiträge, Band III, Heft 4, März 1910), die von anderer Seite im Physiologischen Laboratorium der Ohrenklinik in der Kgl. Charité einer kritischen Prüfung unterzogen werden wird.

Verzeichnis der zur vorliegenden Arbeit benutzten Literatur.

1. Edelmann, Fortschritte in der Herstellung der Galtonpfeife. Z. f. O. 36, p. 334. — Studien über die Erzeugung sehr hoher Töne vermittelst der Galtonpfeife (Grenzpfeife). Annal. der Physik, Bd. 2, 1900.
2. J. Hegener, Über die Tonbildung bei der Edelmannschen Galtonpfeife und deren Verwendung zur Bestimmung der physiologischen und pathologischen oberen Hörgrenze. Passows und Schaefers Beiträge, Bd. 1, p. 321. 1908.
3. C. S. Myers, On the pitch of Galton whistles. Journ. of Physiol. 28, 1902.
4. F. A. Schulze, Zur Bestimmung der Schwingungszahl sehr hoher Töne. Annal. der Physik, 1899, p. 869. — Die obere Hörgrenze und ihre exakte Bestimmung. Passows und Schäfers Beiträge, Bd. 1, p. 151. 1908.
5. C. Stumpf u. M. Meyer, Wied. Annal. 61 p. 760, 1897. — 65 p. 641, 1898.
6. K. L. Schaefer, F. A. Schulzes Monochord zur Bestimmung der oberen Hörgrenze. Vortrag, gehalten am 6. März 1908 in der Berliner Otologischen Gesellschaft.

Lebenslauf.

Am 31. Oktober 1884 wurde ich, Walther Wolfgang Helmholz, evangelischer Konfession, als Sohn des Rektors David Helmholz und seiner Frau Emilie geb. Einecke (†) zu Potsdam geboren. Meine erste Ausbildung erhielt ich auf dem Viktoria-Gymnasium zu Potsdam von Michaelis 1893 bis Ostern 1903. Von Ostern 1903 bis Oktober 1908 befand ich mich als Studierender auf der Kaiser Wilhelms-Akademie für das militärärztliche Bildungswesen. Meiner Dienstpflicht mit der Waffe genügte ich vom 1. April 1903 bis 30. September 1903 bei der 3. Kompagnie des 4. Garde-Regiments zu Fuß. Die ärztliche Vorprüfung bestand ich im Juli 1905. Nach Beendigung des Studiums wurde ich am 1. Oktober 1908 zum Unterarzt beim Infanterie-Regiment Graf Tauentzien von Wittenberg (III. Brandenburgisches) Nr. 20 ernannt, und tat vom 1. Oktober 1908 bis 30. September 1909 Dienst in verschiedenen Kliniken der Kgl. Charité zu Berlin. April 1910 bestand ich das medizinische Staatsexamen und promovierte im Anschluß daran.

Während meiner Studienzeit besuchte ich die Vorlesungen, Kliniken und Kurse folgender Herren:

v. Bergmann (†), Bier, Brieger, Bumm, Engelmann, Engler, Ewald, Fränkel, Frey, Gabriel, Goldscheider, Hertwig, Heubner, Hildebrand, Hiller, A. Köhler, Kraus, Lesser, v. Leyden, Liebreich (†), v. Michel, Olshausen, Orth, Passow, Rubner, E. F. Schulze, Schwendener, Sonnenburg, Straßmann, Stumpf, Thierfelder, H. Virchow, Warburg, Ziehen.

Allen diesen meinen hochverehrten Lehrern spreche ich für ihre gütige Förderung meinen herzlichsten Dank aus.